実験トランジスタ・アンプ設計講座

黒田 徹

●実用技術編

第10章　回路シミュレータSPICE入門（23）

マランツModel 7の思い出

S.B. Marantz氏が設計したステレオ・プリアンプModel 7は1958年に発売されました．1960年代は，マッキントッシュC 22と人気を二分する最高級プリアンプとして君臨しました．そして当時の自作プリアンプは，Model 7かC 22の模倣と相場が決まっていました．

Model 7については，ほろ苦い思い出があります．私は1962年に初めてステレオ・アンプを作りました．高校2年の夏休みに高校の放送室のモニタ・アンプとして設計・製作したものです．これはプリ・メイン分離型で，「放送連一号」という密閉箱に16 cmスピーカ（コーラル6 A 7，800 Ω）をつけて鳴らしました．

以前に本誌に書かせていただいたように，当時の母校の放送設備は，送部顧問のN先生の陣頭指揮のもと，およそ15年の歳月をかけ生徒たちの手で製作されたものを使っていました．

さて，そのモニタ・アンプですが，メインは小出力ながら音質優先の50 C 5（3結）P.P.のOTLで，プリも音質最優先を目指しました．当然，マランツModel 7が頭に浮びました．しかし，イコライザ・アンプはLP用のMM型カートリッジとSP用のクリスタル・カートリッジの両方に対応しなければなりません．ラジオ体操などのレコードは，まだSP盤を使っていたからです．

さらに，いまはヒータのDC点火が一般的ですが，当時はAC点火なので，初段のカソードがグラウンドから浮くKK帰還方式はハム雑音を拾いやすいだろう，という心配がありました．そんな事情でモデル7方式を諦め，けっきょく6267のPG帰還でお茶を濁しました．

〈第1図〉マランツ#7プリアンプのイコライザ部の原回路

マランツModel 7を評価する

(1)　モデル7の原回路と動作点

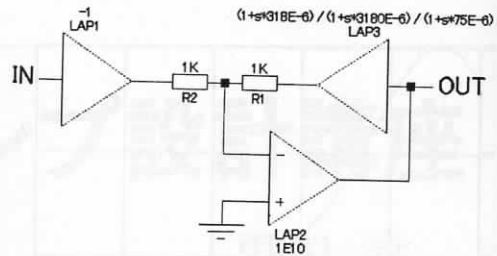
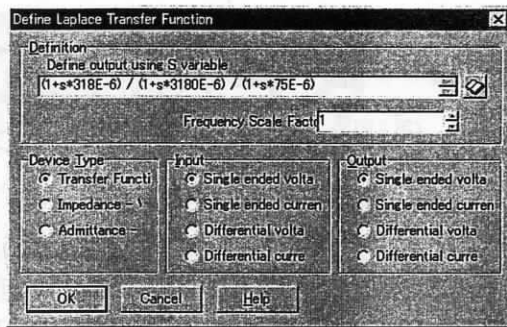
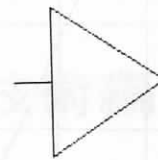
ラジオ技術1962年8月号オフセット・ページに掲載された原回路をシミュレーションします．全体（とくにロータリ・スイッチ周辺）はかなり複雑なので，とりあえずイコライザ・アンプ（第1図）を解析します．

実際のモデル7は初段の12 AX 7のグリッド～GND間にカートリッジの負荷抵抗47 kΩが入りますが，シミュレーション回路（第1図）の信号源抵抗はゼロなので，47 kΩを省略しています．

12 AX 7のデバイス・モデルはKorenモデルです．

原回路図には各部のDC電圧値が記載されています．初段と2段目のプレート電圧の記載値は153 Vです．シミュレーション結果は161.545 Vでした．

▲〈第7図〉ゲイン200 dBの差動アンプ

〈第8図〉RIAA関数▶を入力する

〈第10図〉逆RIAA特性を持つ回路

〈第9図〉RIAA特性のアンプ

にします．なお，IN と OUT はコメントです．この回路をコピーし，第1図にペーストして第11図の回路にします．

RIAA偏差のグラフを描く：第11図の回路をAC解析すると第12図が得られました．45 Hz〜20 kHz のRIAA偏差は±0.1 dB以内に入っています．20 Hz はゲインが1.6 dB落ちています．20 Hz までフラットにすることは可能と思われますが，レコードの反りや偏芯により発生する超低域の不要成分をカットするため，あえて超低域のゲインを落としているのでしょう．

〈第11図〉RIAA偏差をシミュレーションする回路

(3) 超高域の周波数特性

第2図の周波数特性は1 MHz以上まで伸びているようなので，100 MHzまでの周波数特性をAC解析してみました．結果を第13図に示します．意外なことに3.3 MHzで4.7 dBのピークがあります．

安定性に疑問符がつくので，ループ・ゲインのボーデ線図で位相余裕を確認しましょう．第14図にループ・ゲインの測定回路を示します．入力電圧V1を短絡除去し，出力端子と帰還回路の間にゲイン＝1倍の理想バッファ・アンプ（LAP 1）とAC 1 Vの電圧源V1を直列に挿入します．バッファ・アンプを入れるのは，フローティングAC電圧源の信号電流が出力端子に流入するのを防ぐためです．

SIMetrix には，ボーデ線図を描くプローブがあります．メニューの[Probe AC/Noise]→[Bode Plot Probe...] をクリックして第14図の位置に貼り付けます．プローブと出力端子の間にゲイン＝−1倍のバッファ・アンプ（LAP 2）を挿入します．

カソード・フォロワの負荷として帰還回路網を接続します．

AC解析を実行すると，ループ・ゲイン，すなわち（−出力電圧/帰還回路の入力電圧）の周波数特性（第15図）が表示されます．

第15図を見ると，ループ・ゲインが0 dBになる周波数は2.94 MHzです．そして2.94 MHzにおける位相は−153°です．つまり，位相余裕は27°しかありません．

30数年前，Model 7方式のイコライザ・アンプを作ったある友人は，「高域発振気味だ」とこぼしておりました．しかし，マランツ

〈第12図〉計算したRIAA偏差

〈第13図〉3.3 MHzに4.7 dBのピーク

氏を熱烈に信奉していた私は，「Model 7に限ってそんなことはあり得ない．製作技術が低いのだ」と思っていました．しかし今回，シミュレーションで安定性の不足が露わになり，申し訳ない気持ちでいっぱいです．

位相余裕が少ない原因は，初段の12 AX 7のグリッド〜カソード間に挿入された C_1＝100 pFです．C_1は，テレビ電波などがアンプに混入するのを防ぐものとされています．

C_1を省いたときの周波数特性を第16図に示します．ピークが消えています．

(4) ひずみ率のシミュレーション

原回路（第1図）に，f＝1 kHz片ピーク振幅＝100 mVのサイン波を入力したときの出力電圧のフーリエ変換結果を第17図に示します．

基本成分＝12.67 V

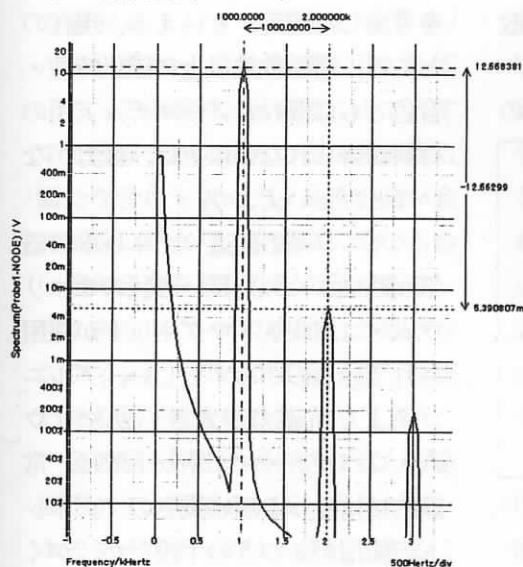
第2調波成分＝5.39 mV

第3調波成分＝193 μV

となっています．なお，成分は片ピーク値です．したがって，

・第2調波ひずみ率＝0.043%

・第3調波ひずみ率＝0.0015%

第2調波ひずみ率対出力電圧特性を第18図に示します．出力電圧は実効値です．無ひずみ最大出力電圧は27 V_{RMS}です．

〈第14図〉マランツ#7イコライザのループ・ゲインを測定する回路

〈第15図〉ループ・ゲインのボーデ線図

〈第16図〉C_1 100 pFを除くとピークが消える

◀〈第17図〉出力電圧のフーリエ解析

▲〈第18図〉ひずみ率特性

◇引用文献

ラジオ技術 1962年8月号

「アンプ部品活用マニュアル'81」p. 234

◇9月号訂正

p. 152 左段 下から1行目

（誤）ポテンショ・メータ

（正）ポテンショメータ